E/CONF.39/A/366
12 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A. 4. 2. 2

Commission Economique pour l'Europe
des Nations Unies

AMELIORATION
DES COMBUSTIBLES COMMERCIAUX

Par la Commission Economique pour l'Europe
des Nations Unies

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

AMELIORATION DES COMBUSTIBLES COMMERCIAUX

Commission économique pour l'Europe
des Nations Unies

1. La valorisation des combustibles est un problème très complexe qui englobe un nombre considérable de domaines scientifiques et techniques. De nombreux instituts et laboratoires scientifiques s'occupent de toutes ces questions. Il semble qu'un examen des méthodes élaborées jusqu'à ce jour permet d'en faire ressortir quelques-unes qui soient d'un intérêt tout particulier pour les régions ne disposant pas de ressources suffisantes. L'intérêt de ces méthodes réside dans la possibilité d'obtenir un produit adaptable le plus économiquement possible à une utilisation finale essentielle. Quelques-unes de ces méthodes sont les suivantes :

I Préparation du charbon
II Utilisation rationnelle du charbon pour la cokéfaction
III Carbonisation à basse et moyenne température
IV Utilisation rationnelle des combustibles solides à fort pourcentage de stériles ou de fines en combustion industrielle.

2. Les deux premiers points présentent une importance toute particulière pour les régions en voie de développement, qui en premier lieu seront intéressées par les charbons destinés à la cokéfaction et les moyens de valoriser à cette fin les combustibles solides produits localement. Cette étude portera donc principalement sur ces deux sujets.

I. Préparation du charbon

(a) Méthodes de préparation utilisées dans divers pays

Différents procédés sont utilisés : bacs à pulsation, couloir, milieu dense, flottation, cyclones, triage à main, tables d'épuration etc. L'utilisation d'un procédé particulier est conditionné par de nombreux facteurs relevant en premier lieu des caractéristiques naturelles du charbon (cendres, dimension des grains, teneur en humidité, etc.) et de son utilisation finale : cokeries, chaufferies, centrales électriques et autres.

(b) Evolution

En général, les mines exploitant un charbon dont la qualité se détériore sans cesse: conditions géologiques plus difficiles et mécanisation des travaux d'exploitation. Cette détérioration se manifeste par une teneur en cendres sensiblement plus élevée et une dimension plus petite du tout venant.

(i) Préparation partielle au fond

Ce procédé permet d'augmenter l'efficacité du transport et d'accroître le rendement des installations de préparation à la surface. En général, ce procédé repose sur le triage manuel.

(ii) Traitement des gros charbons

La difficulté de recruter la main-d'oeuvre dans les pays industrialisés a été une des principales raisons de l'application du traitement mécanique. Dans la plupart des cas, un concassage précède ou suit la préparation mécanique des gros charbons qui s'effectue au moyen du lavage par liquide dense.

(iii) Lavage des grains

Il y a une tendance très nette vers la généralisation de l'utilisation des appareils à liquide dense aux dépens des rhéolaveurs, des tables de traitement à sec et des bacs à pulsation.

(iv) Lavage des fines

Les appareils de pistonnage ont été très perfectionnés. On note également l'utilisation des "tables d'épuration par voie humide" et du cyclone-laveur.

(v) Traitement des eaux

Les méthodes en application sont la flottation (charbon à coke), la filtration, le séchage thermique, les décanteurs.

(c) Préparation du charbon destiné à la cokéfaction

La construction d'un atelier de préparation avec lavoir est une entreprise très coûteuse. Il est donc très important pour les régions ne disposant pas suffisamment de capitaux d'en faire l'usage le plus rationnel. La priorité de construction d'un atelier de préparation doit être accordée aux charbons destinés à la cokéfaction au détriment des autres qualités de charbon, car la production du coke exige des charbons à faible teneur en cendres. Une revue des procédés de lavage de charbons destinés à la cokéfaction, dans un certain nombre de pays, donnera la possibilité de faire une appréciation comparative des méthodes en vigueur.

(i) FRANCE

a. Méthodes de lavage utilisées pour l'enrichissement du charbon destiné à la carbonisation

Les grains de ϕ 6, ϕ 8 ou 10 mm sont lavés par :

- bac à piston
- rhéolaveur
- milieu dense

Les fines 0,5 - 6, 05 - 8 ou 0,5 - 10 mm sont traitées par :

- bac à lit filtrant
- rhéclaveur

Les schlamms sont traités par flottation.

b. Importance relative de chacune des méthodes utilisées :

Il n'existe pas de statistiques par qualité de charbon.
Pour l'ensemble des qualités (cokéfiants ou non), les chiffres sont les suivants (année 1959) - grains + fines + schlamms :

- bacs à piston ..... 51,1 %
- rhéolaveurs ..... 5,3 %
- appareils à liquide dense ..... 32,6 %
- flottation ..... 6,6 %
- épuration pneumatique ..... 3,2 %
- méthodes diverses ..... 1,2 %

En outre, on peut préciser que la totalité des schlamms utilisés en carbonisation sont traités par flottation.
Pour les fines, on peut évaluer à 95 % les fines lavées en bac à lit filtrant
à 5 % les fines lavées par rhéolaveur.

Il existe une installation traitant des fines non cokéfiantes par cyclone.

c. Méthode la plus rationnelle

Pour le		6	: milieu dense
" "		0,5-6	: bac à felspath
" "		<0,5	: flottation

(ii) POLOGNE

En Pologne, on utilise les méthodes ci-après :

- tri à la main
- lavage au bac à piston
- lavage par milieu dense
- flottation.

Dans les atelier anciens, on opère le tri à la main pour les charbons d'un calibre de plus de 80 mm; le traitement est mécanique, dans des bacs à piston, pour les calibres de 80 - 0,5 mm; enfin le procédé par flottation est utilisé pour les fines inférieures à 0,5 mm.

Dans les ateliers modernes, on lave les charbons de plus de 80 mm en milieu dense, dans une suspension de magnétite, les menus sont lavés au bac à piston et les fines de moins de 0,5 mm par flottation.

A l'heure actuelle, on élimine le tri à la main, les gros morceaux de charbon sont broyés de façon à donner des morceaux d'un calibre inférieur à 120 mm, après quoi ils sont traités mécaniquement.

Du tonnage total de charbon destiné à la carbonisation, 87,5 % sont lavés au bac à piston, 3,7 % en milieu dense, 5,8 % par flottation, et 3 % traités à la main.

L'expérience acquise en Pologne montre que l'on n'a encore trouvé aucune méthode qui puisse être qualifiée de meilleure et qui soit appliquée à l'exclusion des autres. Pour choisir une méthode de préparation mécanique, il faut toujours tenir compte des caractéristiques du charbon. Beaucoup de charbons à coke polonais présentent des caractéristiques favorables au lavage, si bien que la méthode la plus commune est le lavage au bac à piston, avec pulsation pneumatique et régulation automatique. Lorsque la machine est bien conçue (longueur de la course, nombre de tours, etc.), les résultats obtenus sont satisfaisants. Dans certains cas, on obtient de 4,0 % à 5,0 % de cendre, et dans les déchets la perte de charbon est insignifiante (inférieure à 1 %).

Comme les charbons polonais sont faciles à laver, les procédés de lavage en milieu dense ne sont pas toujours économiques; pourtant, il est à signaler que l'on construit actuellement 5 ateliers qui seront équipés de séparateurs par milieu dense pour les charbons de plus de 10 mm, ainsi qu'un atelier à hydro-cyclone pour le lavage secondaire des mixtes de 10 - 0 mm obtenus à partir de charbons présentant de "mauvaises" caractéristiques au lavage.

(iii) ROYAUME-UNI

On utilise le lavage au bac à piston, le milieu dense et la flottation. Le lavage au bac à piston est la méthode la plus largement employée parce que beaucoup des ateliers existants ont été installés avant que la méthode de lavage par milieu dense ait été mise au point pour les menus. Dans les ateliers de construction récente, on utilise largement le lavage par milieu dense. L'on traite actuellement au bac à piston 70 % du charbon destiné à la carbonisation, en milieu dense de 20 à 25 % et par flottation de 8 à 10 %. Le choix de la méthode dépend pour beaucoup du type et du calibre du charbon à traiter. Si un charbon présente de "bonnes" caractéristiques au lavage, le bac à piston est efficace; s'il présente de "mauvaises" caractéristiques de lavage, les méthodes de lavage en milieu dense sont plus efficaces. L'on utilise la flottation pour le lavage des fines d'une granulométrie inférieure à 0,5 mm et c'est la seule méthode efficace pour les fines.

(iv) ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Les statistiques de la préparation mécanique des charbons bitumeux et du lignite établies par type d'équipement, ne sont pas ventilées par utilisation. En 1960, l'on a épuré mécaniquement, 273 169 000 tonnes de charbon, soit 65,7 % de la production totale. Sur le total épuré mécaniquement, 50 % ont été lavés dans des bacs à piston; 11,3 % au moyen de tables; 4,0 % au moyen de classificateurs; 2,8 % dans des lavoirs; 24,3 % en milieu dense; 0,7 % par flottation; 6,6 % par épuration pneumatique et 0,3 % dans un équipement non classé. Le choix de la méthode d'épuration mécanique dépend en grande partie des caractéristiques du charbon. Beaucoup des charbons à coke des Etats-Unis posent un grave problème de lavage: la réduction du soufre. Lorsqu'il faut choisir un procédé de séparation à faible densité pour obtenir un produit lavé satisfaisant du point de vue chimique, on lave d'ordinaire en milieu dense les gros grains (plus de 6 mm) et au moyen de tables les fines (moins de 6 mm). On utilise toutes sortes d'équipements pour épurer les charbons à cokéfier.

II. Utilisation rationnelle du charbon pour la cokéfaction

Le coke est l'un des produits essentiels nécessaire à la production de la fonte, tout pays envisageant la construction ou le développement de son industrie lourde sera confronté avec le problème de ravitaillement en coke métallurgique. Ce problème sera lié directement à l'utilisation la plus efficace possible de qualités de charbon disponibles, en vue de la production de coke. Le perfectionnement des méthodes, aussi bien de préparation des pâtes à coke que de la carbonisation, a permis d'élargir dans une mesure considérable la gamme des charbons susceptibles d'être utilisés pour la fabrication du coke. Il ne faut pas perdre de vue que les conditions économiques sont très variables d'un pays à l'autre et le choix de méthodes pour la composition et la préparation des pâtes à coke, de même que pour la carbonisation, ne peut être recommandé qu'en fonction des impératifs économiques particuliers des pays intéressés. Il est essentiel que, dans toute la mesure du possible, la totalité des charbons à coke soit réservée à la production de coke et du gaz, et que, toutes les fois que cela est possible, ce matériau précieux ne soit admis que comme un constituant d'un mélange comportant des charbons moins facilement cokéfiables.

(a) Classification internationale des houilles par nature

Le Comité du charbon de la Commission économique pour l'Europe a élaboré un système de classification internationale des houilles par nature et un système de groupement statistique des houilles. A sa trente-septième session, tenue en mars 1956, le Comité du charbon, considérant les bons résultats qu'ont donnés aux essais ces deux systèmes, a recommandé aux gouvernements de mettre les deux systèmes en application pratique.

i) Définition de la classification internationale

Au sens de la classification internationale, les houilles sont des charbons possédant, sur échantillon humide, exempt de cendres, un pouvoir calorifique brut supérieur à 5 700 kcal/kg. On entend par l'expression "classification par nature" la différenciation des charbons d'après l'ensemble de leurs propriétés physico-chimiques. Les différences de nature entre un charbon et un autre sont considérées comme résultant de différences entre le degré de carbonification dans la série naturelle allant de la tourbe à l'anthracite. La "nature" d'un charbon ne dépend pas de ses caractéristiques accessoires ni des impuretés qu'il contient (teneur en matières minérales, composition et point de fusion des cendres, teneur en soufre, etc.). La classification s'applique aux houilles de toutes les périodes géologiques.

a. Répartition des charbons en classes

Les charbons sont d'abord classés suivant l'indice des matières volatiles du produit sec exempt de cendres. Les charbons dont l'indice des matières volatiles dépasse 33 %, c'est-à-dire la majeure partie des charbons du monde, sont en outre subdivisés en fonction de leur pouvoir calorifique supérieur, calculé sur le produit humide, exempt de cendres.

b. Subdivision des classes en groupes

Après avoir été répartis dans les classes, les charbons sont subdivisés en groupes en fonction de leur pouvoir agglutinant; ce terme, pris au sens large, traduit le comportement du charbon lorsqu'il est chauffé rapidement, par exemple en cas de combustion. Le pouvoir agglutinant peut être exprimé soit par l'indice de gonflement au creuset, soit par l'indice Roga.

c. Subdivision des groupes en sous-groupes

Après répartition dans les groupes, les charbons sont subdivisés en sous-groupes en fonction de leur pouvoir cokéfiant; ce terme, pris au sens large, traduit le comportement du charbon lorsqu'il est chauffé lentement, par exemple, en cas de carbonisation. Le pouvoir cokéfiant du charbon peut être exprimé soit par la dilatation maximale, soit par le type de coke Gray-King.

ii) Groupement statistique des houilles

Dans ce système, les sous-groupes établis conformément à la classification internationale des houilles par nature ont été réunis en un nombre relativement peu élevé de groupes statistiques désignés par les chiffres romains de I à VII.

L'établissement d'une classification internationale du charbon a facilité énormément la compréhension et les études comparatives des divers procédés utilisés dans de nombreux pays.

(b) Composition et préparation des mélanges

D'une manière générale, on utilise à l'heure actuelle aux fins de la carbonisation d'importants tonnages de charbon autres que les charbons à coke proprement dits. Les exemples suivants montrent les différentes méthodes utilisées :

i) FRANCE

Les cokeries qui ne peuvent disposer que de charbons des classes VD ou VI ont dû trouver le moyen de triompher des difficultés résultant du faible pouvoir cokéfiant de ces charbons.

Les analyses de laboratoire à l'effet de déterminer les propriétés cokéfiantes portent en général sur la teneur en matières volatiles (MV), l'indice de

gonflement AFNOR, les mesures au dilatomètre et, plus rarement au plasto-mètre.

Les mélanges dont on se sert actuellement dans le bassin du Nord-Pas-de-Calais et dans les charbonnages de Lorraine sont l'aboutissement, de longues analyses de laboratoire pour rechercher ceux des charbons locaux qui sont les plus aptes, et d'expériences à l'échelle industrielle dans les cokeries, pour choisir le charbon d'appoint et déterminer les meilleures conditions de préparation, d'enfournement et de cuisson. Dans les deux cas, on utilise des mélanges ternaires composés du charbon gras local le plus fusible et le moins riche en MV, d'un charbon à coke proprement dit et d'un amaigrissant (poussier de coke finement pulvérisé, semi-coke ou charbon demi-gras légèrement fusible). La teneur moyenne en MV de ce type de mélange est de l'ordre de 28 à 29 %.

La préparation de la charge demande un calibrage approprié et très précis (80 à 85 % d'éléments inférieurs à 2 mm) - parfois avec broyage séparé de l'amaigrissant, et un mélange.

On augmente la densité de l'enfournement soit par huilage (enfournement répalé), soit par pilonnage (charge humide ou charge sèche), et la cuisson s'effectue à haute température (1275 à 1320° C dans les piédroits).

C'est en Lorraine que le problème de l'utilisation la plus complète possible des charbons locaux, généralement impropres à la fabrication de coke métallurgique, a été le plus difficile à résoudre. Les solutions adoptées présentent un intérêt général.

ii) POLOGNE

Le pouvoir agglutinant des mélanges représentatifs correspond à un indice Roga de 46 à 58 et leur teneur en MV varie entre 29 et 32 %. On veille particulièrement à l'homogénéité de la qualité des charbons fournis sous le rapport de la teneur en cendres, de la teneur en eau et du pouvoir agglutinant.

En gros, les charbons utilisés par l'industrie de la carbonisation se répartissent entre les classes V et VI, avec un faible pourcentage pour la classe IV.

Il appartient à chaque usine de doser ses charges à partir de ces charbons en fonction de la qualité de coke désirée. Les proportions suivantes peuvent être données comme celles d'un mélange-type destiné à la production de coke métallurgique :

	%
Classe VI A	18
V C et V D	61
V B	7
IV	14

On pratique régulièrement un calibrage soigneux (pour le coke de première qualité, 95 % au moins du charbon doit être inférieur à 3 mm, proportion optima de grains de cette dimension 96-97 %; pour le coke de deuxième qualité, 90 %). Le broyage et le mélange portent à la fois sur les charbons constituants et sur la charge avant enfournement. Le contrôle de la teneur en eau et le pilonnage de la charge (dehsité 1050 kg/m^3) sont de pratique courante.

Les examens en laboratoire comportent :

- la détermination continue des teneurs en eau et en matières volatiles et celle de l'indice Roga;
- périodiquement l'examen de la plasticité par la méthode Sapojnikov et de la pression de gonflement par la méthode Korten-Damm.

En ce qui concerne la prédétermination des proportions optima d'un mélange de charbons, celles-ci sont basées à la fois sur la teneur en matières volatiles et sur les résultats de l'essai Sapojnikov qui est pratique courante dans ce pays.

Outre cet examen, des mélanges prédéterminés comme il est indiqué ci-dessus sont essayés à la cokéfaction dans un four-pilote.

D'importants travaux ont été effectués en vue de caractériser les charbons polonais du point de vue de leur pouvoir cokéfiant par la méthode plastométrique de Sapojnikov et Basilevitch. Ces travaux ont contribué à définir dans leurs grandes lignes les classes de charbons polonais qui peuvent entrer dans la constitution de la pâte pour donner un coke de qualité satisfaisante.

En ce qui concerne l'avenir de la technique de la carbonisation en vue de la production de coke métallurgique, on pense en Pologne que de sensibles progrès dans ce domaine pourront résulter :

- d'une extension de la technique du broyage sélectif eu égard aux constituants pétrographiques des charbons;
- d'une extension de la technique du pilonnage de la charge en vue d'accroître sa densité;
- d'une cuisson plus rapide.

iii) UNION DES REPUBLIQUES SOCIALISTES SOVIETIQUES

La pratique des mélanges a sa source dans la nécessité de triompher des inconvénients présentés par les charbons locaux, qui sont fortement gonflants, dans les cokeries du Donetz et de la région du Dniepr.

Généralement, lorsqu'une charge destinée à la cokéfaction est constituée par un mélange, les charbons constituants appartiennent à quatre classes différant entre-elles du fait des teneurs en matières volatiles et des indices plastométriques : contraction, épaisseur de la couche plastique.

L'emploi généralisé, dans l'industrie, de la méthode plastométrique, en vue de déterminer le pouvoir cokéfiant des charbons extraits et de les classifier d'après cette propriété a permis d'acquérir une large expérience. Grâce à cette classification il est devenu possible de déterminer à l'avance les proportions nécessaires pour former de bons mélanges à coke. Depuis la guerre, cette méthode a été aussi appliquée, avec succès, à divers charbons étrangers.

Une recherche poussée et ininterrompue en matière de détermination du pouvoir cokéfiant des charbons a conduit à l'établissement d'une théorie générale de la cokéfaction.

Des recherches sont en cours portant sur les méthodes d'examen suivantes : essai Roga, essai au dilatomètre, essai Gray-King, proportions des constituants pétrographiques.

De plus, on attache une attention particulière au rendement thermique de l'opération et si des rendements de 92 % sont couramment signalés, on espère amener ce pourcentage à 98 par des améliorations portant sur le refroidissement à sec. Le refroidissement du coke à sec est considéré dorénavant comme devant être un élément essentiel de toute installation de carbonisation de quelque importance. De l'étude effectuée et de l'expérience acquise à ce sujet dans ce pays, on a déduit que ce dispositif d'extinction peut être amorti en trois ans, sur les bases suivantes :

- Capacité par chambre de refroidissement : 240 m^3, 40 tonnes par jour;
- Temps pris pour le refroidissement : environ 3 heures;

Couplage de chaque chambre de refroidissement à une chaudière produisant de la vapeur de 18 à 30 atmosphères et à 375°C;

- Production de vapeur par tonne de coke : 350 kg.

Ceci doit être ajouté à certains avantages résultant d'une amélioration des qualités du coke ainsi obtenu.

iv) ROYAUME-UNI

De la technique des mélanges telle qu'elle est pratiquée au Royaume-Uni, il est difficile de dégager des principes généraux, car les conditions dans lesquelles s'effectuent ces mélanges dépendent dans une mesure appréciable du transport de quantités relativement faibles de charbon d'appoint vers les régions où le charbon local ne peut donner seul la qualité de coke désirée. C'est pour cette raison que le mélange de charbons très volatils et de charbons faiblement volatils, courant parce qu'économiquement possible dans d'autres pays, n'est qu'exceptionnellement pratiquée au Royaume-Uni. Ces mélanges sont caractérisés par une teneur en matières volatiles relativement forte, sauf lorsqu'on dispose de charbons de la classe VB; on remédie aux pressions de gonflement excessives éventuelles par des mélanges de charbons à teneur élevée en matières volatiles fortement ou moyennement agglutinants.

Les analyses de carbonisation couramment faites en laboratoire sont les suivantes : indice de gonflement (British Standard), essai d'agglutination (British Standard), et essai Gray-King. On a en outre recours à l'essai de gonflement Koppers, à l'essai Nedelmann lorsque l'on soupçonne une pression de gonflement excessive et à l'essai dilatométrique. Aucun des essais précités n'est cependant considéré comme suffisant en soi pour définir ce comportement mais comme les livraisons de charbon sont habituellement assez homogènes d'un arrivage à l'autre, on considère fréquemment en raison de leur bonne reproductibilité et de leur commodité, que de simples paramètres comme la teneur en matières volatiles du mélange et l'indice de gonflement (B.S) suffisent.

On attache une attention de plus en plus grande à la préparation de la charge par le contrôle des constituants pétrographiques, le pré-traitement du charbon, et l'incorporation au charbon de matières diverses.

L'influence que peuvent avoir des variations de la charge portant sur la teneur en humidité, l'adjonction d'huile, le calibrage et la nature des charbons enfournés est particulièrement étudiée. Un des premiers objectifs de cette étude est la détermination des facteurs qui agissent sur la densité de la charge, dont l'influence sur la qualité du coke produit est d'une importance évidente. Dans cet ordre d'idée et en priorité, c'est la constance de la qualité du coke produit à partir de charbons divers qui retient l'attention plus que la recherche de la perfection dans cette qualité.

Pour ce qui est des méthodes de la préparation de la charge, on pratique le calibrage minutieux des constituants de la pâte, mais non par des opérations séparées, et un mélange poussé. Habituellement, on amène le produit par broyage au calibre de 1/8 de pouce avec 10 à 20 % de refus; toutefois, on ne pilonne presque plus la charge. On veille pourtant à l'uniformité de sa densité et l'on y ajoute parfois un faible pourcentage d'huile lourde pour empêcher des fluctuations adventices de cette densité.

(c) Méthodes d'analyse en laboratoire pour la sélection des charbons en vue de la fabrication du coke

Deux propriétés présentent une importance primordiale pour la connaissance du comportement des charbons :-la plasticité et la contraction finale. Toute appréciation quantitative de ces propriétés, à condition que la reproductibilité des

essais soit suffisante, devrait conduire à une évaluation du comportement des mélanges. Ainsi, par exemple, on utilise dans certains cas la méthode plastométrique. Cette méthode repose sur une théorie relative à la nature chimique de l'agglutination. L'agglutinabilité d'un charbon peut être définie comme la mesure dans laquelle les bitumes fondus qui apparaissent dans la première phase de la carbonisation (200°C à 500°C) dissolvent les autres éléments non fondus, et elle est proportionnelle au temps qui s'écoule entre la dissolution et le commencement du durcissement (en général à partir de 500°C ou plus) qui lui-même est un signe de décomposition.

En d'autres termes, l'agglutinabilité d'un charbon est son aptitude à produire un semi-coke de structure homogène, et cette aptitude doit être proportionnelle au temps pendant lequel le charbon fondu reste plastique, c'est-à-dire à l'épaisseur de la couche plastique. Sur cette base, Sapojnikov a admis que le pouvoir agglutinant d'un charbon donné était proportionnel à l'épaisseur de la couche plastique, et c'est l'épaisseur maximale de cette couche plastique qu'il a choisie comme paramètre pour mesurer le pouvoir agglutinant d'une houille donnée. Il s'agit ici de la première phase du processus de la carbonisation : la production d'un semi-coke cohérent et homogène.

La fabrication d'un coke de haute température satisfaisant dépend du comportement de ce semi-coke dans la deuxième phase, c'est-à-dire au moment où se produisent simultanément l'hydrogénation et le durcissement du charbon plastifié. On a constaté que ce comportement varie suivant que les produits gazeux résultant de la décomposition de la couche plastique sont libérés par le côté chaud ou par le côté froid du chargement. A son tour, ce comportement dépend, pour une carbonisation à pression constante, de la contraction finale de la charge.

En partant de ces considérations, Sapojnikov a pris comme paramètres pour mesurer les propriétés cokéfiantes d'un charbon donné :

- l'épaisseur maximale de la couche plastique;
- la contraction axiale mesurée par l'abaissement final de la courbe de gonflement.

(d) Quelques méthodes spéciales de cuisson des mélanges

C'est dans le bassin français de Lorraine que les efforts en vue de surmonter les difficultés éprouvées en matière de cokéfaction de charbons locaux généralement impropres à la cokéfaction lorsqu'ils sont enfournés seuls ou sans une préparation spéciale de la charge, ont été les plus grands, par leur ampleur et leur diversité.

La plupart des méthodes expérimentées dans d'autres pays, concernant tel ou tel aspect de la carbonisation, ont également été mises à l'essai en Lorraine, et c'est ce qui rend l'expérience acquise dans ce bassin d'un si grand intérêt pour les autres.

En Sarre, on a également recueilli en la matière des renseignements d'un ordre très voisin; en effet, les problèmes de cokéfaction y sont dans une certaine mesure analogues, quoique moins aigus, en raison de la prédominance de bas fourneaux que l'on peut approvisionner en cokes d'une résistance légèrement inférieure à celle du coke métallurgique proprement dit.

D'après le système international de classification, les charbons lorrains appartiennent essentiellement aux classes suivantes : 632, 633, 711 et, pour un faible tonnage, 721 et 722; dans les conditions ordinaires de traitement, ces charbons, lorsqu'ils sont cokéfiés, fondent faiblement à une température excessivement basse et dans des limites de température trop étroites, si bien que la masse se contracte trop rapidement après solidification.

Dans ces conditions, pour utiliser le plus complètement possible les charbons lorrains, il a été nécessaire de mettre au point des méthodes spéciales de

cokéfaction qui, tout en étant rentables, puissent aussi être appliquées rapidement dans les cokeries existantes sans exiger de coûteuses transformations.

i) Principes

Ces procédés reposent sur quatre idées essentielles : augmentation de la densité du chargement, incorporation d'un amaigrissant, adjonction d'un charbon fusible et adaptation de la préparation des pâtes aux propriétés des constituants pétrographiques des charbons.

a. - Augmentation de la densité du chargement

Comme les charbons lorrains sont faiblement gonflants et moins fusibles que d'autres, il faut, quand on les incorpore dans une forte proportion à une pâte, réduire dans une mesure appropriée le volume des vides interstitiels de façon que le contact entre les particules de charbon soit accru et leur fusion en une masse homogène améliorée.

On y parvient par l'augmentation de la densité du chargement et par une distribution appropriée des différentes granulométries sans augmenter exagérément la proportion d'éléments fins. Un broyage méthodique, un tamisage avant le passage au broyeur et des mélanges soigneux sont nécessaires pour réalis r cette dernière condition; quant à l'augmentation de la densité, elle est réalisée par pilonnage du chargement ou par séchage avant enfournement.

b. - Incorporation d'un amaigrissant

En incorporant à la pâte un amaigrissant - charbon maigre, semi-coke ou poussier de coke - on diminue la fissuration du coke. Le phénomène n'est d'ailleurs pas encore entièrement compris mais on pense que ce procédé donne à la masse une meilleure résistance aux tensions provoquées par la contraction.

c. - Adjonction d'un charbon fusible

Pour pouvoir augmenter la proportion d'amaigrissant à incorporer dans un mélange, il s'est parfois révélé utile d'y ajouter un constituant supplémentaire sous forme de charbon très fusible ayant un pouvoir agglutinant élevé. On a été amené à agir de cette façon du fait du faible pouvoir agglutinant des charbons lorrains et, en pareil cas, on a dû incorporer à la pâte des charbons des classes 434 et 435 provenant d'autres bassins charbonniers.

d. - Adaptation de la préparation des pâtes aux propriétés des constituants pétrographiques des charbons

Les constituants pétrographiques d'un charbon quel qu'il soit (fusain, vitrain, clarain et durain) présentent des aptitudes à la cokéfaction très différentes qui augmentent avec la dureté ou la résistance à l'écrasement. Pourtant ces propriétés peuvent varier d'un charbon à un autre. Par un broyage et un tamisage sélectifs, on réduit les constituants les moins fusibles à une granulométrie plus fine que les constituants les plus fusibles. Par ce moyen on utilise au maximum les éléments les plus fusibles et on réalise l'homogénéité et une plus forte densité du chargement, condition préalable de la fabrication d'un bon coke.

ii) Exemples de l'utilisation de deux de ces principes en Lorraine

a. - Augmentation de la densité de la charge par pilonnage

Selon cette technique, la charge est comprimée avant l'enfournement par des machines pilonneuses qui portent la densité de son niveau normal, soit 700 kg/m^3, à 900 ou 950 kg/m^3 environ, en réduisant à peu près des deux tiers le volume des interstices.

Le contact entre les particules de charbon étant ainsi renforcé par pilonnage, l'agglutination de la masse est favorisée. La température de solidification du charbon à coke utilisé dans ce procédé est élevée et sa teneur en MV est faible, ce qui maintient plus longtemps la masse à l'état plastique. De ce fait, la

contraction des charbons lorrains entrant dans la composition de la pâte - très forte au début - peut avoir lieu alors que la masse est encore à l'état plastique, ce qui réduit la fissuration. Ce résultat est encore favorisé par l'adjonction d'un amaigrissant, rendue possible par le pilonnage, qui abaisse encore la teneur moyenne en MV du mélange, ce qui réduit la tendance de la masse à se fissurer au moment de la solidification. On veille à ce que l'amaigrissant (poussier de coke ou semi-coke) soit finement broyé dans des broyeurs à boulets (90 % < 0,2 mm et 60 % < 0,1 mm) de sorte que la surface des particules devient lisse; la quantité de bitume absorbée est sensiblement réduite et l'adjonction de bon charbon à coke devient inutile dans certaines pâtes.

L'emploi de cette méthode à l'échelle industrielle a révélé que le coke obtenu ne présente pas de variations notables de qualité tant que les proportions des constituants de la pâte sont maintenues à moins de 5 % des chiffres spécifiés.

Du point de vue de la rentabilité du procédé, les indications fournies par la Direction de l'usine de Carling, utilisant cette technique, précisent ce qui suit :

(a) On réalise une économie de 7 % sur l'ensemble des fours, machines et annexes grâce à la plus grande capacité unitaire des fours chargés par pilonnage, et cela en dépit du supplément initial de dépense que représentent les machines enfourneuses et pilonneuses, par rapport à l'équipement de chargement ordinaire.

(b) Les frais d'exploitation ne diffèrent pas sensiblement de ceux des cokeries classiques utilisant des charbons analogues, car la préparation de la pâte exige l'emploi de cinq ouvriers supplémentaires par poste pour un enfournement de 3000 tonnes par jour.

(c) En outre, cette technique permet d'utiliser les charbons locaux ou des types de charbons moins recherchés; on réalise ainsi une économie supplémentaire, variable suivant les circonstances locales.

b. - Augmentation de la densité de la charge par séchage

Cette technique présente ceci de particulier qu'elle peut être appliquée aux fours classiques enfournant leur charge par gravité.

Le séchage du charbon, qui doit être effectué soigneusement pour éviter l'oxydation, porte la densité du chargement à 800 kg/m^3 ou davantage (teneur en eau après séchage : 2 à 3 %) ce qui établit un contact plus étroit entre les particules, augmente le gradient de température au début de l'opération et assure, indirectement, une amélioration de 20 % environ de la productivité des fours.

Outre l'adjonction d'un sécheur, il suffit d'apporter à l'équipement de mélange de chargement des modifications peu coûteuses.

Le séchage à la cokerie de Marienau, qui fait usage de ce procédé, est effectué en quelques secondes dans un courant ascendant de gaz chauds qui ne porte pas la température des charbons séchés à plus de 70°C, toute oxydation importante étant ainsi évitée. Du point de vue de l'oxydation des charbons, il faut surveiller la température à laquelle les charbons sont emmagasinés (les charbons lorrains peuvent se détériorer en quarante-huit heures s'ils sont emmagasinés à plus de 40°C).

L'inclusion dans la pâte, comme amaigrissant, d'un semi-coke produit à partir des charbons lorrains les moins cokéfiants (classes 721 ou 711) constitue une autre caractéristique importante de cette technique. Ce semi-coke réduit la contraction du chargement, et par là sa fissuration, comme le ferait le poussier de coke, mais il a l'avantage de ne pas exiger un broyage aussi fin que le poussier de coke, et la proportion qu'il est possible d'incorporer est plus élevée.

Ce semi-coke est fabriqué dans un four tournant d'un type déjà expérimenté dans plusieurs charbonnages pour la fabrication de combustibles sans fumée.

Par cette technique on peut, à partir d'un mélange composé de 75 à 80 % de charbon lorrain et seulement de 20 à 25 % de bon charbon à coke, obtenir un coke analogue

au coke métallurgique normal. On peut aussi obtenir un coke qui n'est que légèrement inférieur au coke normal avec une pâte intégralement constituée de charbons lorrains.

Le coût du coke obtenu par cette technique n'est pas plus élevé que celui du coke obtenu par les méthodes traditionnelles.

c. - Fabrication de coke de lignite

Tous les procédés connus de fabrication de coke de lignite à haute température exigent au préalable que le lignite soit mis en briquettes, de sorte que le lignite brut doit être d'un type approprié à cette première opération.

Les procédés existants pour la fabrication de lignite à haute température sont à deux temps ou à un temps.

La fabrication de coke de lignite à haute température est certainement d'un très grand intérêt pour les pays qui, sans être richement pourvus en houille indigène, ont à leur disposition d'amples réserves de lignite.

III. Carbonisation à basse et moyenne températures

Au cours des dernières années la distillation à basse et moyenne températures s'est considérablement développée non seulement à cause de la possibilité qu'elle offre de valoriser les lignites et les charbons, mais également à cause de l'importance des différents produits résultant de l'opération : semi-coke, goudrons et gaz. Les modes d'application de cette méthode sont nombreux; toutes les expériences ont conduit finalement à quelques systèmes de fours, chacun plus ou moins bien approprié à certaines conditions plus particulières et permettant une exploitation rentable du procédé adopté. Les fours utilisés à l'heure actuelle sont généralement des trois types suivants :

- fours statiques
- fours tournants
- fours faisant intervenir la technique de la fluidisation.

IV. Utilisation rationnelle des combustibles solides à fort pourcentage de stériles ou de fines en combustion industrielle

En raison des coûts relativement élevés de la production des combustibles solides, il est devenu indispensable pour les producteurs de charbon de retirer des produits le plus grand revenu possible, et pour ce faire, d'inciter les consommateurs à utiliser toute la production extraite de la mine. La préparation du charbon est absolument nécessaire pour certaines de ses utilisations provoquant la nécessité d'utiliser les produits intermédiaires: mixtes, poussières, schlamms. En ce qui concerne la combustion industrielle, la préparation du charbon peut être dans de nombreux cas évitée. Certaines idées semblent prévaloir en effet, à l'heure actuelle, concernant l'intérêt économique qu'il y aurait à utiliser les charbons sans aucun lavage conduisant à une utilisation plus rationnelle de l'énergie calorifique, étant donné d'une part les récents progrès accomplis dans la technique de la combustion et, d'autre part, l'utilisation de plus en plus grande des cendres volantes.

(a) Centrales de chauffe équipées pour l'utilisation de combustibles de qualité moindre

Il convient de citer :

i) Combustion en pulvérisé
ii) Foyers à cyclone
iii) Foyers avec pelleteur mécanique
iv) Foyers avec grille mobile à chaînes ou à barres
v) Foyers conçus pour la combustion des déchets de bois

(b) Utilisation des cendres volantes

Les résidus de la combustion de charbons cendreux représentent des masses considérables. Pendant longtemps on n'avait pas envisagé d'autre destination que les opérations coûteuses de transport et de mise en tas, qui peuvent atteindre 5 % du prix de revient de l'énergie produite. Les recherches entreprises ont permis de montrer que les cendres volantes possédaient des propriétés qui peuvent être exploitées, si bien qu'au lieu de constituer une charge, elles étaient capables de devenir une source de profit.

1786 F - Nov. 1962 - 1,000